

1. まえがき

集成材の桁と、この集成材の上下面に垂直に挿入して接着剤で堅めた鋼板（リブ鋼板）から成る合成桁を考える。このタイプの構造形式は、従来の関連する研究では、全く扱われておらず、せん断応力等を計算する上での一般式は樹立されていない。よって、本論文では、合成梁理論を基礎としてこのタイプの構造形式におけるせん断応力及び鉛直方向直応力の理論式を求めて、実際に作用する諸応力の数値的解析を行う。

2. 合成梁理論

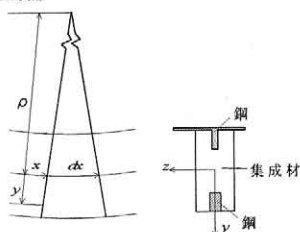


図-1 曲げ変形と合成断面

合成後に対して、図-1 のように平面保持を仮定すれば、断面内の任意点の応力は、周知の関係式

$$\sigma_x = E\varepsilon_x = \begin{cases} \frac{M}{I_v} y & (\text{鋼}) \\ n \frac{M}{I_v} y & (\text{集成材}) \end{cases} \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 E_w, E_s をそれぞれ集成材と鋼のヤング係数とすれば、

$$n = \frac{E_s}{E_w} \quad (2)$$

であり、さらに

$$I_v = I_w + nI_s \quad (3)$$

は合成断面二次モーメントである。 I_w と I_s は、

$$I_w = \int_{A_w} y^2 dA \quad (\text{集成材}) \quad (4)$$

$$I_s = \int_{A_s} y^2 dA \quad (\text{鋼}) \quad (5)$$

である。

3. 曲げ応力 σ_x

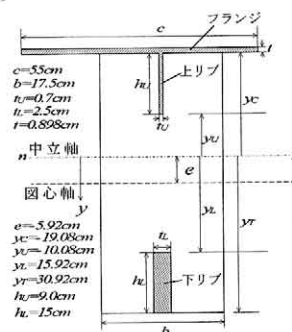


図-2 モデル図

式(1)に図-2 の寸法と断面二次モーメント $I_v=1.328 \times 10^6 \text{ cm}^4$ 及び曲げモーメント $M=185P/2$ (このとき、スパン 11m の供試体に支間中央より 180cm ずつ支点側にずらした位置で二点載荷した時の設計荷重 $P=26.5\text{tf}$) を代入すると、応力の分布図は図-3 のようになる。

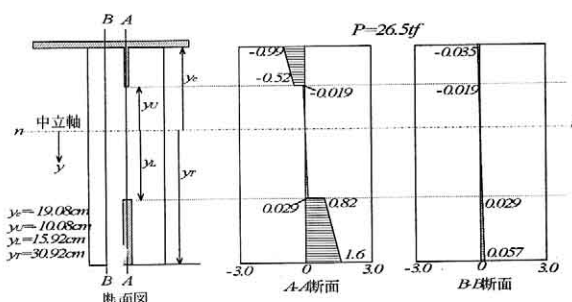


図-3 曲げ応力の分布図 ($\times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$)

4. せん断応力 τ_b

フランジ部のせん断流は、

$$\tau_{bt} = -\frac{nV}{I_v} y_c \cdot t \cdot s = -\frac{nV}{I_v} Q_s \quad (6)$$

桁断面部のせん断流は、

$$\tau_{bb} = -\frac{nV}{I_v} \int_{A_s} y dA - \frac{V}{I_v} \int_{A_w} y dA = -\frac{V}{I_v} Q_y \quad (7)$$

Q_s, Q_y はフランジ部、桁断面部の断面一次モーメントである。例えば、 $y_c < y < y_u$ の範囲では、

$$Q_y = nA_{sf} y_c + \frac{b_u}{2} (y^2 - y_c^2) \quad (8)$$

である。式(6)、(7)に各範囲の断面一次モーメントを代入すると、 τ_b の分布図は図-6(a)になる。

4. つり合い式

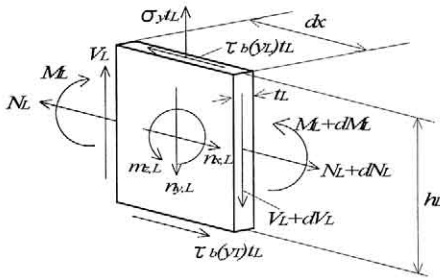


図4 下リブ鋼板の要素のつり合い

図4のつり合いより、荷重 $n_{x,L}$ と $m_{z,L}$ を求めると、

$$n_{x,L} = -\frac{V}{I_y} (n-1) \left(1 - \frac{t_L}{b}\right) A_L \frac{y_T + y_L}{2} \quad (9)$$

$$m_{z,L} = -\frac{V}{I_y} (n-1) \left(1 - \frac{t_L}{b}\right) \frac{t_L h_L^3}{12} \quad (10)$$

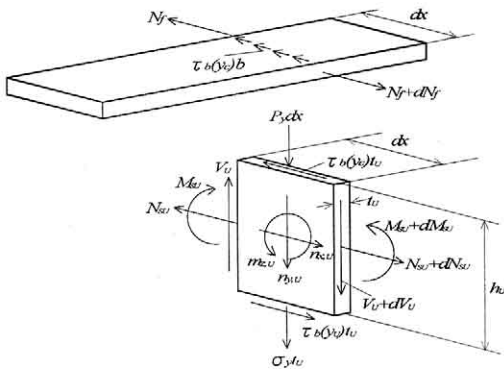


図5 上リブ鋼板の要素のつり合い

図5のつり合いより、荷重 $n_{x,U}$ と $m_{z,U}$ を求めると、

$$n_{x,U} = -\frac{V}{I_y} (n-1) \left(1 - \frac{t_U}{b}\right) A_U \frac{y_U + y_C}{2} \quad (11)$$

$$m_{z,U} = -\frac{V}{I_y} (n-1) \left(1 - \frac{t_U}{b}\right) \frac{t_U h_U^3}{12} \quad (12)$$

ここで、 $A_L = t_L h_L$ 、 $A_U = t_U h_U$ はそれぞれ下リブ、上リブ鋼板の断面積。これらの結果は、 $n=1$ すなわち同一材料から断面が構成される時のみ軸荷重 n_x 、モーメント荷重 m_z が消えることを示す。図中の応力 σ_y は6.で述べる。

5. せん断応力 τ_{zx}

リブ側面に作用するせん断応力は、桁高方向へ直線分布を仮定すると、

$$\tau_{zx} = \frac{6m_{z,U}}{h_U^3} y + \frac{n_{x,U}}{2h_U} \quad (13)$$

$$\tau_{zx} = \frac{6m_{z,L}}{h_L^3} y + \frac{n_{x,L}}{2h_L} \quad (14)$$

式(13)に式(11)、(12)及び式(14)に式(9)、(10)を代入して、各数値を代入すると、 τ_{zx} の分布図は図-6(b)になる。

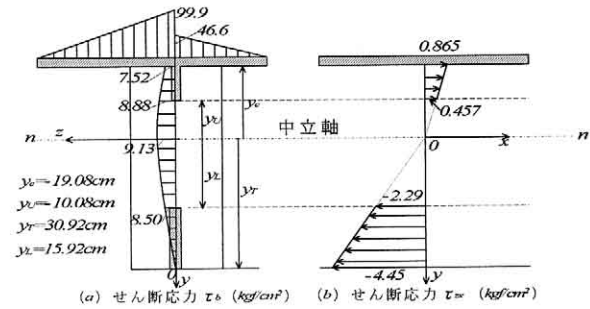


図-6 せん断応力の分布図 (kgf/cm²)

6. 鉛直方向直応力 σ_y

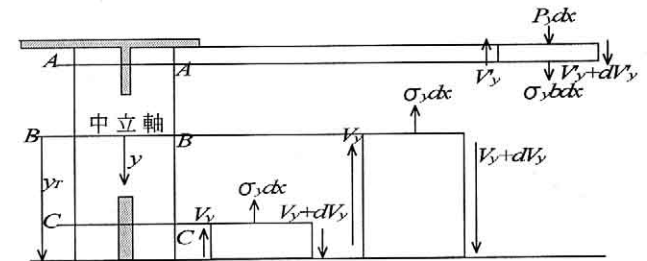


図-7 鉛直方向直応力のつり合い

例として、図-7の断面C-C($y_L < y < y_T$)のつり合いより鉛直方向直応力は、

$$\sigma_y = \frac{P_y}{bI_y} ([Q_y \cdot y]_y^{y_T} - I_y) \quad (15)$$

図-7の各断面のつり合いより導いた式に数値を代入すると、分布図は図-8になる。

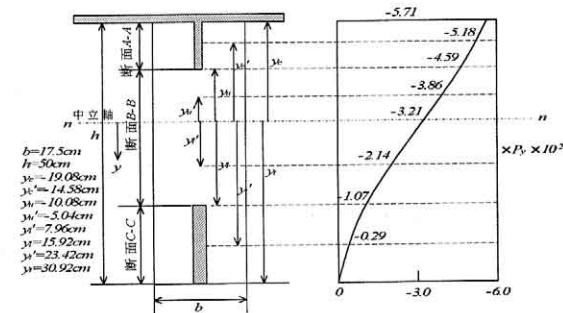


図-8 鉛直方向直応力の分布図

7. 結論

せん断応力 τ_b はフランジ部で直線分布し、桁断面で放物線分布している。また、フランジ部で応力が最大になった。せん断応力 τ_{zx} は中立軸を基準として直線分布を示し、上下鋼板で応力状態が逆である。また、応力は中立軸で0となり、下リブ鋼板の下端で最大となった。鉛直方向直応力 σ_y は実際には3次式になるはずがほとんど直線的な分布となった。

参考文献

合成桁の理論と設計 山海堂 島田静雄 熊沢周明 著